

ANALISIS BEBAN KERJA OPERATOR AIR TRAFFIC CONTROL BANDARA XYZ DENGAN MENGGUNAKAN METODE NASA-TLX

Jerry Budiman¹, Sugih Arto Pujangkoro², Anizar³

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155

Email: jerryharianja@rocketmail.com¹

Email : sugiharto@usu.ac.id²

Email: anizar_usu@yahoo.co.id³

Abstrak. ATC (Air Traffic Control) merupakan pemandu lalu lintas udara yang menjadi rekan terdekat penerbang. Penelitian ini dilakukan di ATC Bandara XYZ yang sudah menjadi bandara berskala internasional yang membuat terjadinya kompleksitas lalu lintas udara baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri sehingga tugas bagian ATC menjadi sangat sibuk. Operator ATC diharuskan mempunyai kecepatan dan ketepatan untuk mengolah informasi yang diperoleh dalam membuat keputusan yang tepat agar tidak terjadi kecelakaan. Persentase perkiraan penyebab kecelakaan transportasi udara di Indonesia adalah 60,71 % disebabkan oleh faktor manusia. Informasi tentang kecelakaan pesawat udara yang disebabkan oleh human error khususnya operator bagian ATC telah terjadi di Indonesia khususnya di Bandara XYZ yang disebabkan kesalahmengertian komunikasi antara ATC dengan pilot. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai beban kerja yang dirasakan operator ATC khususnya bagian APP dan ACC. Pengukuran beban kerja secara subjektif yang digunakan adalah NASA-TLX yang terdiri dari enam dimensi ukuran beban kerja, yaitu mental demand, physical demand, temporal demand, performance, effort, dan frustration level. Berdasarkan hasil pengolahan yang dilakukan diperoleh 4 orang operator menilai beban kerja yang dirasakan optimal load (skor antara 40 sampai 60) sedangkan sisanya 8 orang operator menilai beban kerja yang dirasakan overload (di atas 60) dan dari operator ACC terdapat 4 orang operator yang merasakan optimal load dan sisanya 12 orang operator merasakan overload. Dari hasil uji pasti Fisher-Irwin diperoleh bahwa beban kerja operator APP independent terhadap pembagian shift kerja dan beban kerja operator ACC dependent terhadap pembagian shift kerja.

Kata kunci: Beban Kerja, ATC, NASA-TLX

Abstract. ATC (Air Traffic Control) is a guiding air traffic into the nearest fellow aviators. This research was conducted at the XYZ airport Air Traffic Control has become a large-scale international airport that makes the complexities of air traffic both from domestic and from abroad so that the task of the ATC became very busy. Operator ATC must have speed and accuracy, to manipulate the information in making the right decisions to avoid an accident. The estimated percentage of causes of accidents in Indonesia air transport was 60,71% caused by human factors. Information about aircraft accidents caused by human error in particular operators of the ATC has been in Indonesia particularly in XYZ airport caused misscommunication between ATC XYZ with the pilot. This research aims to quantify the value of the perceived workload operator ATC in particular parts of the ACC and APP. Measurement of workload subjectively used was the NASA-TLX consists of six-dimensional measure of workload, that mental demand, physical demand, temporal demand, performance, effort, and the frustration level. Based on the results of processing the retrieved 4 operators assess the perceived workload optimal load (score between 40 to 60), while the remaining eight people assessing operator workload felt overloaded (over 60) and from the operators of the ACC is 4 people carriers feel the optimal load and the remaining 12 people carriers feel overloaded. From the test results certainly Fisher-Irwin earned that independent APP operator workload of the division of work and the workload shift operator is dependent on the distribution of ACC shift work.

Keywords: Workload, ATC, NASA-TLX

1. PENDAHULUAN

Penerbangan merupakan sarana transportasi yang sudah dalam kondisi tidak aman (*unsafe condition*). Keselamatan merupakan hal yang harus diutamakan dalam dunia penerbangan. Untuk menciptakan keselamatan penerbangan, maka dibentuklah pelayanan pemandu lalu lintas udara yang disebut dengan *Air Traffic Control* (ATC). ATC dianggap sebagai salah satu pekerjaan yang memiliki tuntutan kerja tinggi (Costa, 1995). ATC merupakan salah satu profesi yang memiliki tingkat stres tinggi dikarenakan beban tanggung jawab pekerjaan ATC sangat berat yang mempertaruhkan nyawa penumpang pesawat udara dan seluruh awak pesawat. Stress merupakan efek dari beban kerja yang tinggi. Stress akan meningkat jika terjadi sesuatu hal seperti cuaca yang buruk untuk penerbangan dan peralatan navigasi dan komunikasi yang tidak berfungsi dengan baik, sistem rotasi shift yang tidak sesuai atau tidak berjalan sebagaimana mestinya.

Penelitian ini dilakukan di *Air Traffic Control* Bandara XYZ. Bandara XYZ merupakan bandara terbesar keempat di Indonesia berskala internasional yang membuat terjadinya kompleksitas lalu lintas udara baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri sehingga tugas bagian ATC menjadi sangat sibuk. Operator ATC diharuskan mempunyai kecepatan dan ketepatan untuk mengolah informasi yang diperoleh dalam membuat keputusan yang tepat agar tidak terjadi kecelakaan. Persentase perkiraan penyebab kecelakaan transportasi udara di Indonesia adalah 60,71 % disebabkan oleh faktor manusia. Faktor kesalahan manusia (*human error*) dalam dunia penerbangan disebabkan oleh pilot dan ATC. Informasi tentang kecelakaan pesawat udara yang disebabkan oleh *human error* khususnya operator bagian ATC telah terjadi di Indonesia khususnya di Bandara XYZ. Kecelakaan terbesar yang terjadi di area pengontrolan Bandara XYZ ini disebabkan kesalahmengertian komunikasi antara ATC XYZ dengan pilot yang menyebabkan pesawat mengambil arah yang salah dan menabrak tebing gunung (sumber: http://id.wikipedia.org/wiki/Garuda_Indonesia_Penerbangan_152).

Penelitian terdahulu menggunakan pengukuran beban kerja mental dengan metode NASA-TLX telah dilakukan oleh Arsi dan Partiw (2012) untuk mengukur beban kerja mental dengan menghitung nilai *Weighted Workload* (WWL) karyawan Jurusan Teknik Industri ITS dan menghitung waktu penyelesaian tugas pada pendekatan beban tugas per jabatan yang diindikasikan sebagai beban fisik sehingga dapat ditentukan jumlah optimal karyawan tersebut. Metode yang sama juga telah digunakan

oleh Syafei dan Katon (2011) untuk menilai beban kerja mental pegawai proses manufaktur yang mendapatkan hasil bahwa beban kerja pegawai dependen terhadap pembagian shift kerja.

Pengukuran beban kerja secara subjektif merupakan pengukuran beban kerja di mana sumber data yang diolah adalah data yang bersifat kualitatif. Penelitian ini menggunakan pengukuran beban kerja mental secara subjektif dengan menggunakan metode *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index* (NASA-TLX).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT (Persero) Angkasa Pura II Kantor Cabang Bandar Udara XYZ bagian *Air Traffic Control* (ATC). Waktu penelitian dimulai dari bulan Januari 2013 sampai Juni 2013.

2.2. Objek Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian survey (*survey research*) yang merupakan bagian dari penelitian deskriptif dimana penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data dan informasi secara langsung dari operator *Air Traffic Control* dengan cara membagikan kuisisioner NASA-TLX. Objek penelitian adalah seluruh operator ATC Bandara XYZ terkhusus operator APP (*Approach Control*) dan ACC (*Area Control Center*).

2.3. Rancangan Penelitian

Penelitian dimulai dengan penyebaran kuisisioner NASA-TLX operator bagian APP dan operator bagian ACC. Kuisisioner ini dibagikan pada saat jadwal shift yang mereka jalani. Kuisisioner ini terdiri atas 2 bagian yang akan diisi oleh operator, yaitu bagian pembobotan dan bagian *rating*. Bagian pembobotan merupakan bagian yang berisikan 15 pasangan dari keenam dimensi tersebut, yaitu *Mental Demand* (MD), *Physical Demand* (PD), *Temporal Demand* (TD), *Own Performance* (OP), *Effort* (EF), dan *Frustration* (FR). Operator akan memilih dari pasangan tersebut yang dirasakan lebih dominan menimbulkan beban kerja mental. Bagian *rating* berisikan pertanyaan dan skala yang bernilai dari 0 sampai 100 yang merupakan persepsi operator terhadap pertanyaan tersebut. Berdasarkan nilai *weighted workload* yang akan diperoleh, maka akan diketahui kategori beban kerja yang dirasakan operator, apakah kategori beban kerja rendah (*underload*): skor < 40, beban kerja optimal (*optimal*)

load): $40 \leq \text{skor} < 60$, atau beban kerja berlebihan (*overload*): skor ≥ 60 (Syafei dan Katon, 2011).

2.4. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri atas 2 bagian, yaitu variabel independen dan dependen. Variabel independen dalam penelitian ini adalah jumlah pesawat udara yang dikontrol dan shift kerja. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah beban kerja mental.

2.5. Teknik Sampling

Jumlah populasi yang diamati untuk kuisioner NASA-TLX, yaitu seluruh operator APP yang berjumlah 12 orang dan seluruh operator ACC yang berjumlah 16 orang.

2.6. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah peralatan yang digunakan untuk mengukur variabel-variabel independen dan dependen dalam konsep penelitian. Pada penelitian ini instrumen penelitian yang digunakan adalah kuisioner NASA-TLX. NASA-TLX mengukur enam dimensi ukuran beban kerja, yaitu *mental demand*, *physical demand*, *temporal demand*, *performance*, *effort*, dan *frustration level*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Beban Kerja

3.1.1. Perhitungan Nilai *Weighted Workload* (WWL)

Hasil perhitungan nilai *weighted workload* salah satu operator APP dari kuisioner NASA-TLX yang disembarkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *Weighted Workload* Operator APP

| Skala | Tally | Weight | Raw Rating | Adjusted Rating |
|--------|-------|--------|------------|-----------------|
| MD | III | 5 | 90 | 450 |
| PD | - | 0 | 5 | 0 |
| TD | IIII | 4 | 90 | 360 |
| OP | III | 3 | 10 | 30 |
| EF | I | 1 | 85 | 85 |
| FR | II | 2 | 80 | 160 |
| Jumlah | | 15 | | |
| Total | | | | 1085 |
| WWL | | | | 72,33 |

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa beban kerja operator APP yang pertama adalah sebesar 72,33 dan initermasuk kategori beban kerja yang tinggi (*overload*). Hasil perhitungan nilai *weighted workload* salah satu operator ACC dari kuisioner NASA-TLX yang disembarkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai *Weighted Workload* Operator ACC

| Skala | Tally | Weight | Raw Rating | Adjusted Rating |
|--------|-------|--------|------------|-----------------|
| MD | III | 3 | 95 | 285 |
| PD | II | 2 | 5 | 10 |
| TD | IIII | 4 | 95 | 380 |
| OP | I | 1 | 0 | 0 |
| EF | II | 2 | 45 | 90 |
| FR | III | 3 | 95 | 285 |
| Jumlah | | 15 | | |
| Total | | | | 1050 |
| WWL | | | | 70 |

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa beban kerja operator ACC yang pertama adalah sebesar 70 dan ini termasuk kategori beban kerja yang tinggi (*overload*).

Operator APP yang berada pada keadaan *overload* sebanyak 8 orang dan 4 orang dalam keadaan *optimal load*. Operator ACC yang berada pada keadaan *overload* sebanyak 12 orang dan 4 orang dalam keadaan *optimal load*.



Gambar 1. Rata-rata Beban Kerja Operator APP dan ACC

Gambar 1 menunjukkan nilai rata-rata beban kerja (*weighted workload*) secara keseluruhan dari operator APP dan ACC adalah 65,25 pada shift pagi, 67,62 pada shift siang, dan 61,9 pada shift malam. Ketiga nilai ini berada pada skala tinggi (61-80) yang membuktikan bahwa profesi operator ATC memiliki beban mental yang tinggi. Nilai beban kerja mental pada shift siang lebih tinggi diikuti dengan shift pagi, dan malam. Penyebabnya adalah jam sibuk (*peak hours*) biasanya terjadi pada shift siang dan juga shift pagi sementara nilai beban kerja yang tinggi

pada shift malam terjadi karena operator ATC harus menuntun pilot dengan kondisi jarak pandang pilot yang pendek pada suasana yang gelap, shift malam biasanya waktu untuk istirahat sehingga dapat mengganggu fungsi alamiah tubuh, dan operator juga harus siap siaga jika ada panggilan darurat dengan waktu yang lama.

Untuk mengetahui variabel mana yang paling berpengaruh terhadap nilai beban kerja operator APP dan ACC, maka dilakukan perhitungan nilai rata-rata *rating* dan bobot dari seluruh operator. Hasil perhitungan beban kerja operator APP dan ACC dari nilai rata-rata penilaian *rating* dan pembobotan baik dari operator APP maupun operator ACC terhadap keenam variabel NASA-TLX dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Rata-rata *Rating* Variabel NASA-TLX

| | MD | PD | TD | OP | EF | FR |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total skor | 2410 | 900 | 2095 | 625 | 2180 | 1450 |
| Rata-rata | 86,1 | 32,1 | 74,8 | 22,3 | 77,9 | 51,8 |

Tabel 4. Rata-rata Pembobotan Variabel NASA-TLX

| | MD | PD | TD | OP | EF | FR |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| Total skor | 7,8 | 1,4 | 5,47 | 6,67 | 3,93 | 2,73 |
| Rata-rata | 0,28 | 0,05 | 0,19 | 0,24 | 0,14 | 0,10 |

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh tiga penilaian kategori beban pekerjaan yang tinggi, yaitu variabel *Mental Demand*, *Effort*, dan *Temporal Demand*. Hal ini menunjukkan bahwa pekerjaan ATC membutuhkan aktivitas mental (MD) yang tinggi seperti berpikir, memutuskan, menghitung, mengingat, dan melihat atau memantau. Aktivitas mental ini didukung juga dengan usaha (EF) yang dikeluarkan oleh operator ATC untuk mencapai level performansi yang baik. Pekerjaan ATC sendiri memiliki tekanan waktu yang tinggi (TD) dalam memikirkan dan memutuskan arah pesawat udara yang dikontrolnya, serta memutuskan apakah pesawat udara dapat *take off* atau *landing* dalam situasi yang tak terduga. Nilai pembobotan menunjukkan bahwa variabel dalam NASA-TLX yang menjadi sumber dominan menimbulkan beban kerja mental dalam suatu pekerjaan. Berdasarkan Tabel 4 ditunjukkan bahwa nilai bobot *Mental Demand* yang paling dominan menjadi sumber beban kerja mental pekerjaan ATC diikuti nilai bobot *Performance*, *Temporal Demand*, *Effort*, *Frustration*, dan *Physical Demand*.

3.1.2. Uji Signifikansi Beban Kerja

Untuk menguji signifikansi beban kerja terhadap shift kerja, maka dilakukan pengujian statistik dengan menggunakan uji pasti Fisher-Irwin.

1. H_0 : Beban kerja operator *independent* terhadap pembagian shift kerja.
2. H_1 : Beban kerja operator *dependent* terhadap pembagian shift kerja.
3. $\alpha = 0.05$
4. Wilayah kritik: $p_{total} < 0.05$
5. Perhitungan
 - a. Data frekuensi shift kerja terhadap beban kerja yang teramati dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Frekuensi Shift Kerja terhadap Beban Kerja Operator APP

| Beban Kerja | Shift Kerja (orang) | | | Total |
|---------------------|---------------------|-------|-------|-------|
| | Pagi | Siang | Malam | |
| <i>Optimal Load</i> | 2 | 0 | 2 | 4 |
| <i>Overload</i> | 2 | 3 | 3 | 8 |
| Total | 4 | 3 | 5 | 12 |

Tabel 5 menunjukkan banyaknya operator APP yang berada dalam skala *optimal load* dan *overload* pada setiap shift. Data frekuensi shift kerja terhadap beban kerja yang teramati dari Tabel 5 digunakan untuk menghitung probabilitas teramati untuk operator APP.

$$p = \frac{4! 8! 4! 3! 5!}{12! 2! 0! 2! 2! 3! 3!}$$

$$p = 0.1212$$

Berdasarkan pola frekuensi observasi lain dengan jumlah baris dan kolom tetap sama operator APP diambil nilai yang memiliki probabilitas lebih kecil atau sama dengan probabilitas teramati yang di atas, yaitu 0.0101; 0.0606; 0.0606; 0.0101; 0.0808; 0.1212, 0.00808; 0.036; 0.0404; 0.0242; 0.00202. Jadi, $p_{total} = 0.5753$.

Keputusan: Terima H_0 dan disimpulkan bahwa beban kerja operator *independent* terhadap pembagian shift kerja.

Artinya, pembagian shift pagi, siang, dan malam tidak membuat perbedaan yang signifikan beban kerja yang dirasakan operator APP.

- b. Data frekuensi shift kerja terhadap beban kerja yang teramati dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Frekuensi Shift Kerja terhadap Beban Kerja Operator ACC

| Beban Kerja | Shift Kerja (orang) | | | Total |
|---------------------|---------------------|-------|-------|-------|
| | Pagi | Siang | Malam | |
| <i>Optimal Load</i> | 0 | 0 | 4 | 4 |
| <i>Overload</i> | 5 | 5 | 2 | 12 |
| Total | 5 | 5 | 6 | 16 |

Tabel 6 menunjukkan banyaknya operator ACC yang berada dalam skala *optimal load* dan *overload* pada setiap shift. Data frekuensi shift kerja terhadap beban kerja yang

teramati dari Tabel 6 digunakan untuk menghitung probabilitas teramati untuk operator ACC.

$$P = \frac{4! \cdot 12! \cdot 5! \cdot 5! \cdot 6!}{16! \cdot 0! \cdot 0! \cdot 4! \cdot 5! \cdot 2!}$$

$$p = 0.00824$$

Berdasarkan pola frekuensi observasi lain dengan jumlah baris dan kolom tetap sama operator ACC diambil nilai yang memiliki probabilitas lebih kecil atau sama dengan probabilitas teramati yang di atas, yaitu 0.00275 dan 0.00275. Jadi, $p_{\text{total}} = 0.01374$.

Keputusan: Tolak H_0 dan disimpulkan bahwa beban kerja operator *dependent* terhadap pembagian shift kerja.

Artinya, pembagian shift pagi, siang, dan malam membuat perbedaan yang signifikan beban kerja yang dirasakan operator ACC.

3.1.3. Solusi Pemecahan Masalah

Menurut Costa (1995) terdapat beberapa usaha untuk mengurangi tingkat beban kerja mental yang tinggi antara lain:

1. Peralatan

Peralatan komunikasi dan navigasi penerbangan sangat mendukung terhadap keselamatan pesawat udara yang dikontrol oleh operator ATC. Kualitas peralatan radar sudah semakin berkurang dikarenakan usia peralatan yang lama. Hal ini terbukti dari adanya radar yang mati dalam beberapa kali dan terjadi beberapa hari. Rusaknya radar membuat pengontrolan pesawat dilakukan secara non radar. Kerusakan peralatan pada saat bekerja dapat memicu peningkatan beban mental. Radio komunikasi yang selalu dipakai operator ATC dalam berkomunikasi dengan pilot. Karena selalu dipakai dalam waktu yang lama dan umur peralatan juga sudah lama, maka dapat berakibat kurangnya kualitas reliabel peralatan. Hal ini terlihat dari adanya peristiwa radio yang kurang berfungsi menyebabkan komunikasi antara operator ATC dan pilot menjadi terganggu yang dapat menyebabkan peningkatan tingkat beban kerja mental operator ATC bahkan berdampak terhadap kecelakaan lalu lintas udara. Sistem peralatan yang canggih dapat memperoleh informasi yang reliabel (terpercaya) dan mempercepat penyelesaian masalah dan pengambilan keputusan sehingga mengurangi stress kerja dan tingkat kesalahan manusia.

2. Pengaturan Shift Kerja

Sistem shift yang diterapkan perusahaan lebih cenderung menggunakan sistem Siang-Pagi-Malam. Penggunaan sistem rotasi kerja dengan shift Pagi-Siang-Malam lebih baik dibandingkan sistem Siang-Pagi-Malam. Selang waktu antar shift pada sistem

rotasi shift Siang-Pagi-Malam dapat dilihat pada Tabel 10. Selang waktu antar shift pada sistem rotasi shift Pagi-Siang-Malam dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Selang Waktu Antar Shift pada Sistem Rotasi Shift Siang-Pagi-Malam

| Shift | Masuk | Pulang | Selang Waktu |
|-------------|-------|--------|--------------|
| Siang | 14:00 | 08:00 | - |
| Pagi | 08:00 | 14:00 | 12 jam |
| Malam | 20:00 | 08:00 | 30 jam |
| Total Waktu | | | 42 jam |

Tabel 11. Selang Waktu Antar Shift pada Sistem Rotasi Shift Pagi-Siang-Malam

| Shift | Masuk | Pulang | Selang Waktu |
|-------------|-------|--------|--------------|
| Siang | 14:00 | 20:00 | - |
| Pagi | 08:00 | 14:00 | 24 jam |
| Malam | 20:00 | 08:00 | 24 jam |
| Total Waktu | | | 48 jam |

Selang waktu yang ditunjukkan Tabel 10 dan Tabel 11 menunjukkan waktu istirahat yang dapat digunakan operator APP dan ACC. Berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat bahwa selang waktu antar shift tidak seragam (ada yang sangat singkat dan ada yang sangat lama) dan total selang waktu keseluruhan lebih kecil sedangkan pada Tabel 11 memiliki selang waktu antar shift seragam dan juga sangat panjang dan total selang waktunya lebih besar sehingga sistem rotasi yang ada pada Tabel 11 dapat memberikan waktu istirahat yang panjang antar shift dan fungsi tubuh cenderung berfungsi secara alami.

3. Strategi Individual

Kebiasaan makan dan minum yang tidak bagus mempengaruhi kinerja seseorang ketika bekerja begitu juga dengan pola tidur yang kurang baik. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan peneliti bahwa operator ATC selalu mengonsumsi minuman yang mengandung kafein, seperti kopi ditambah lagi kebiasaan merokok di ruangan ber-AC tempat mereka bekerja. Menurut *Rail Safety & Standards Board* (2006) menyatakan bahwa kebiasaan mengonsumsi minuman yang mengandung kafein dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan gemetar, kecemasan, peningkatan denyut jantung, peningkatan tekanan darah, muak, muncet, dan peningkatan produksi urin. Kurangnya waktu istirahat dapat mempengaruhi kinerja seseorang sehingga dapat diatasi dengan cara menjaga jadwal tidur pada saat kewajiban mengontrol telah selesai dilakukan (selama jam kerja pada waktu shift berlangsung) yang memungkinkan untuk melakukan pekerjaan pengontrolan dalam shift tersebut jika diperlukan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa beban kerja mental operator APP dan ACC termasuk dalam skala tinggi yang dapat dilihat dari banyaknya operator yang berada pada kategori *overload*. Pekerjaan ATC membutuhkan aktivitas mental (dimensi *Mental Demand*) yang tinggi seperti berpikir, memutuskan, menghitung, mengingat, dan melihat atau memantau dalam melakukan pekerjaannya. Solusi untuk mengurangi tingkat beban kerja mental yang tinggi dengan mempercanggih sistem peralatan radar, pengaturan shift kerja, dan perbaikan kebiasaan individual operator ATC ketika bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsi, Raras Mayang dan Sri Gunani Partiw. 2012. *Analisis Beban Kerja untuk Menentukan Jumlah Optimal Karyawan dan Pemetaan Kompetensi Karyawan Berdasar Pada Job Description (Studi Kasus: Jurusan Teknik Industri, ITS, Surabaya)*. Jurnal Teknik ITS Vol.1, No.1, ISSN: 2301-9271.
- Atkinson, J.M. 1988. *Analysis of Mental Processes Involved in Air Traffic Control*. in *Ergonomics*, Vol. 14. Dalam Occupational Stress and Stress Prevention in Air Traffic Control. Giovanni Costa. International Labour Office.
- Costa, Giovanni. 2005. *Occupational Stress and Stress Prevention in Air Traffic Control*. Geneva: International Labour Office.
- Glantz, Stanton A. 2001. *Primer of Biostatistics*. Edisi Kelima. New York: McGraw-Hill.
- Hart dan Staveland. 1988. *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research*. Dalam Subjective Scales of Effort and Workload Assessment, Sherehiy dan Karwowski. University of Louisville.
- Jex, Henry. 1988. *Measuring Mental Workload: Problems, Progress, and Promises*. Dalam Bahan Kuliah Perancangan, Pengukuran, dan Pembakuan Sistem Kerja. Hilma Raimona Zadri. Universitas Andalas.
- Komite Nasional Keselamatan Transportasi. 2012. *Data Investigasi Kecelakaan Transportasi Udara Tahun 2007 – 2012*. Media Release Akhir Tahun 2012.
- Miller, Sarah. 2001. *Workload Measure*. Iowa City : The University of IOWA.
- NASA Ames Research Center. *NASA Task Load Index: Computerized Version*. California.
- Rail Safety & Standards Board. 2006. *Coping with Shift Work & Fatigue. A Good Practice Guide for Drivers*.
- Siegel dan Castellan. *Nonparametric Statistics for The Behavioral Sciences*. Edisi Kedua. New York: McGraw-Hill.
- Syafei, M. Yani dan Wahyu Katon. 2011. *Analisis Beban Kerja Pegawai Secara Subjektif dengan Menggunakan Metoda NASA-TLX (Studi Kasus pada Bagian Proses Manufaktur di PT. Agronesia Divisi Industri Plastik-Bandung)*. Proceeding 11th National Conference of Indonesian Ergonomics Society 2011. ISSN: 2088-9488.
- Wedderburn, A. 1991. *Guidelines for Shiftworkers, Bulletin of European Shiftwork Topics (BEST) No. 3 European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions*. Dublin. Dalam Occupational Stress and Stress Prevention in Air Traffic Control. Giovanni Costa. International Labour Office.
- Wise, et.al. 1991. *Automation and Systems Issues in Air Traffic Control*, NATO ASI Series Vol. F73. Berlin: Springer-Verlag. Dalam Occupational Stress and Stress Prevention in Air Traffic Control. Giovanni Costa. International Labour Office.
- Zadry, Hilma Raimona. 2007. *Bahan Kuliah Perancangan, Pengukuran, dan Pembakuan Sistem Kerja*. Universitas Andalas.